



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09003581 A**(43) Date of publication of application: **07.01.97**

(51) Int. Cl

**C22C 21/02****C22C 1/02****C22F 1/043**(21) Application number: **07172933**(22) Date of filing: **15.06.95**(71) Applicant: **NIPPON LIGHT METAL CO LTD**(72) Inventor:  
**KATTO HARUYASU**  
**KAMIO HAJIME**  
**TSUCHIYA KENJI**  
**YUNOKI HIROTSUGU****(54) FORGED ALUMINUM PRODUCT WITH HIGH  
FATIGUE STRENGTH AND ITS PRODUCTION**

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To produce a forged aluminum product with high fatigue strength.

**CONSTITUTION:** This forged aluminum product has a structure in which primary-crystal dendrite is decomposed and grows as individual grains and the spaces among grains are filled with eutectic Si. The primary-crystal dendrite is decomposed by

electromagnetic stirring or mechanical stirring and then grows as individual grains into lumpy state. An ingot is hot-forged at, preferably, 350-540°C to uniformize the structure and the composition. Further,  $T_6$  heat treatment can also be applied. By this method, a cast structure in which primary crystals are formed into lumpy state without growing huge dendrite can be formed, and by hot-forging this ingot fatigue strength can be improved.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 3 5 8 1

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 1 月 7 日

(51) Int. Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C22C 21/02			C22C 21/02	
1/02	503		1/02	503 J
C22F 1/043			C22F 1/043	

審査請求 未請求 請求項の数 13 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 1 7 2 9 3 3

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 6 月 1 5 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 4 7 4 3

日本軽金属株式会社

東京都品川区東品川二丁目 2 番 2 0 号

(72) 発明者 甲藤 晴康

静岡県庵原郡蒲原町蒲原 1 丁目 3 4 番 1 号

日本軽金属株式会社グループ技術センタ

一内

(72) 発明者 神尾 一

静岡県庵原郡蒲原町蒲原 1 丁目 3 4 番 1 号

日本軽金属株式会社グループ技術センタ

一内

(74) 代理人 弁理士 小倉 亘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 疲労強度の高いアルミニウム鍛造品及び製造方法

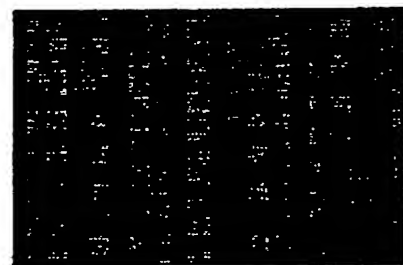
(57) 【要約】

【目的】 疲労強度が高いアルミニウム鍛造品を得る。

【構成】 このアルミニウム鍛造品は、初晶デンドライトが分断されて個々の粒として成長し、粒子間隙に共晶 S i が充填されている組織をもっている。初晶デンドライトは、電磁攪拌又は機械攪拌によって分断された後、個々の粒子として塊状に成長する。鋳塊は、好ましくは 3 5 0 ~ 5 4 0 ℃ の温度範囲で熱間鍛造され、組織及び組成が均質化される。更に、T<sub>1</sub> 熱処理を施すこともできる。

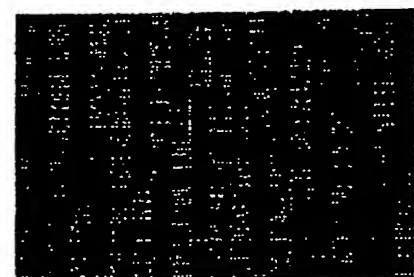
【効果】 巨大なデンドライトが成長することなく、初晶が塊状化された鋳造組織となり、これを熱間鍛造することにより疲労強度が向上する。

(a)



100 μm

(b)



100 μm

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 初晶デンドライトが分断されて個々の粒として塊状に成長し、粒子間隙に共晶 Si が充填されている組織をもつ疲労強度の高いアルミニウム鍛造品。

【請求項 2】 請求項 1 記載の塊状化された粒子の長軸と短軸との比が 1 ～ 3 の範囲にあるアルミニウム鍛造品。

【請求項 3】 Si : 6.5 ～ 8.0 重量% 及び Mg : 0.2 ～ 0.7 重量% を含み、残部が実質的に Al の組成をもつ請求項 1 又は 2 記載のアルミニウム鍛造品。

【請求項 4】 請求項 3 記載の組成が更に Sr : 0.003 ～ 0.04 重量%, Sb : 0.05 ～ 0.25 重量%, Na : 0.001 ～ 0.01 重量% 及び Ca : 0.002 ～ 0.02 重量% から選ばれた 1 種又は 2 種以上を含むアルミニウム鍛造品。

【請求項 5】 請求項 3 又は 4 記載の組成が更に Cu : 0.2 ～ 0.6 重量%, Ti : 0.2 重量% 以下及び B : 0.04 重量% の 1 種又は 2 種以上を含むアルミニウム鍛造品。

【請求項 6】 Si : 0.40 ～ 0.8 重量%, Mg : 0.8 ～ 1.2 重量%, Cu : 0.15 ～ 0.40 重量%, Cr : 0.04 ～ 0.35 重量% 及び残部：実質的に Al の組成をもつ請求項 1 又は 2 記載のアルミニウム鍛造品。

【請求項 7】 請求項 6 記載の組成が更に Ti : 0.2 重量% 以下及び B : 0.04 重量% 以下の 1 種又は 2 種を含むアルミニウム鍛造品。

【請求項 8】 Si : 10 ～ 13.5 重量%, Cu : 0.5 ～ 3.5 重量%, Mn : 0.45 ～ 0.55 重量%, Mg : 0.4 ～ 1.3 重量% 以下及び残部：実質的に Al の組成をもつ請求項 1 又は 2 記載のアルミニウム鍛造品。

【請求項 9】 請求項 8 記載の組成が更に Sr : 0.003 ～ 0.04 重量%, Sb : 0.05 ～ 0.25 重量%, Na : 0.001 ～ 0.01 重量%, Ca : 0.002 ～ 0.02 重量%, Ti : 0.2 重量% 以下及び B : 0.04 重量% 以下から選ばれた 1 種又は 2 種以上を含むアルミニウム鍛造品。

【請求項 10】 請求項 8 記載の Mn の一部又は全部を Ni で置換したアルミニウム鍛造品。

【請求項 11】 アルミニウム合金溶湯を铸造する際に凝固界面の電磁攪拌又は機械攪拌により初晶デンドライトを分断し、分断された初晶デンドライトが個々の粒子として塊状に成長した組織をもつ鋳塊を熱間鍛造することとを特徴とする疲労強度に優れたアルミニウム鍛造品の製造方法。

【請求項 12】 請求項 11 記載の熱間鍛造が 350 ～ 540℃ の温度範囲で行われるアルミニウム鍛造品の製造方法。

【請求項 13】 請求項 11 又は 12 記載の熱間鍛造に

続いて T、熱処理を施すアルミニウム鍛造品の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高い疲労強度が要求される自動車足廻り部品、電気部品等として使用されるアルミニウム鍛造製品及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 リンク、アッパーアーム、ロアアーム、ホイール等の自動車足廻り部品として、アルミニウム材料の使用率が高くなってきている。アルミニウム鑄造材料は、軽量性の点では優れているものの、機械強度、なかでも疲労強度が十分でない。そこで、DC 鑄造、金型鑄造、ダイカスト等の通常の鑄造法で製造した鋳塊を押し加工や鍛造等で塑性変形させた後、熱処理を施すことにより疲労強度を向上させている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、自動車の軽量化要求に応じて保安部品を鋼製からアルミ製に変換する傾向が強くなってきている最近では、従来法で向上させた疲労強度には限界がある。そのため、軽量化を狙ったアルミ化に制約が加わる。また、高い疲労強度が要求されるエアコン用スクロールや電気部品においても、同様に疲労強度が不足する問題があり、耐久性に優れた部品の提供が望まれている。本発明は、このような要求に応えるべく案出されたものであり、初晶デンドライトを塊状化することにより、巨大なデンドライトの成長を抑制して組織全体を均質化し、鋼製部品に匹敵するまで疲労強度を飛躍的に高めたアルミニウム鍛造製品を提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明のアルミニウム鍛造品は、その目的を達成するため、初晶デンドライトが分断されて個々の粒として塊状に成長し、粒子間隙に共晶 Si が充填されている組織をもつことを特徴とする。初晶デンドライトは、電磁攪拌又は機械攪拌によって分断された後、長軸と短軸との比が 1 ～ 3 の範囲にある個々の粒子として塊状に成長する。このアルミニウム鍛造製品は、アルミニウム合金溶湯を鑄造する際に凝固界面の電磁攪拌又は機械攪拌により初晶デンドライトを分断し、分断された初晶デンドライトが個々の粒子として塊状に成長した組織をもつ鋳塊を熱間鍛造することにより製造される。熱間鍛造は、好ましくは 350 ～ 540℃ の温度範囲で行われる。また、熱間鍛造に続いて T、熱処理を施してもよい。

【0005】 本発明で使用されるアルミニウム材料は、製品として要求される強度、耐力、伸び、疲労強度等の機械的特性に応じて選択される。たとえば、靱性が要求される自動車用ホイール等の保安部品や油圧用品には、Si : 6.5 ～ 8.0 重量%, Mg : 0.2 ～ 0.

3

7重量%を含むアルミニウム合金が使用される。この系の合金は、Si及びMg含有量の規制によって強度を改善している。ただし、Mg含有量が0.7重量%を超えると、朝性が劣化する傾向がみられる。この合金系では、必要に応じて0.2~0.6重量%のCuを添加することにより更に強度を向上させることができる。また、Ti-B系の結晶微細化剤を添加し、铸造組織を改善することもできる。更に、共晶Siの微細化のために、Sr:0.003~0.04重量%、Sb:0.05~0.25重量%、Na:0.001~0.01重量%、Ca:0.002~0.02重量%の1種又は2種以上を含ませることができる。

【0006】朝性及び強度が要求され且つ複雑な形状の鍛造品を得る場合には、Si:0.40~0.8重量%、Mg:0.8~1.2重量%、Cu:0.15~0.40重量%、Cr:0.04~0.35重量%を含むアルミニウム合金が使用される。この合金系は、Si含有量を少なくしているため、鍛造割れが発生せず、リンク、ロアーム、アッパーアーム等の複雑な形状をもつ自動車部品に好適である。また、Mg、Cu、Cr等の含有量を前述のように規制することにより、必要な強度及び朝性を確保している。この合金系にも、铸造組織を微細化するため、Ti:0.2重量%以下及びB:0.04重量%以下でTi-B系の結晶微細化剤を添加することができる。

【0007】エアコン用スクロール等の耐摩耗性及び高温強度が要求される部品には、Si:1.0~13.5重量%、Cu:0.5~3.5重量%、Mn:0.45~0.55重量%、Mg:0.4~1.3重量%を含むアルミニウム合金が使用される。Si、Cu、Mnを前述の範囲に規制することにより、耐摩耗性及び高温強度が改善される。この合金系では、共晶Siを微細化するためSr:0.003~0.04重量%、Sb:0.05~0.25重量%、Na:0.001~0.01重量%、Ca:0.002~0.02重量%の1種又は2種以上を添加してもよい。また、Ti:0.2重量%以下及びB:0.04重量%以下でTi-B系の微細化剤を添加するとき、铸造組織が微細化される。更に、Mnの一部又は全部をNiで置換することもできる。

【0008】

【作用】本発明者等は、アルミニウム材料の疲労強度に及ぼす初晶、組織等の影響を調査・研究した。その結果、铸造時に生成する初晶を塊状化し、更に熱間鍛造による塑性変形を加えるとき、得られた製品の疲労強度が格段に向上することを知見した。初晶は、铸造時に溶湯を凝固界面で攪拌しながら铸造するとき、デンドライト状に自由に成長することなく塊状状態に成長する。攪拌手段としては、電磁攪拌又は機械攪拌が採用される。アルミニウム材料は、攪拌によって残湯部と初晶の全体が均一になるように凝固する。得られた凝固組織は、熱間

4

鍛造によって塑性変形させるとき更に均一化される。このようにして、巨大な樹枝状デンドライトを成長させることなく初晶を塊状化した組織をもつ鍛造製品は、従来法で得られた材料に比較して格段に高い疲労強度を呈する。

【0009】本発明に従った製造方法は、次の工程を経る。

#### (1) 凝固界面の攪拌を伴った铸造

要求される機械的特性に応じて選択された合金組成の溶湯から、DC铸造、金型铸造、ダイカスト等の铸造法で铸塊を製造する。铸造に際し、凝固界面の溶湯を電磁攪拌又は機械的に攪拌し、初晶のデンドライトを剪断し塊状化状態で初晶を成長させる。凝固界面の攪拌には、铸型の外側に電磁攪拌装置をセットし、電磁力によって溶湯を攪拌させたり、DC铸造の場合には铸型中の溶湯を機械的にプロベラ等で攪拌する手段が採用される。塊状化処理後、通常の方法で冷却され、铸塊となる。

【0010】攪拌強度は、溶湯の流速で表示することができる。流速は、合金系や铸型の形状等に応じた最適値があるが、一般には0.5m/秒以上が好ましい。電磁攪拌の場合、発生させる電磁力、すなわち磁界発生装置に流す電流量に溶湯の流速が依存している。得られた铸塊においては、デンドライトアーム平均径が30~70 $\mu$ mとなっており、従来の長く伸びた初晶デンドライトが検出されない。塊状化を長径と短径との比でみると、普通の铸造状態においてはデンドライトが長径方向に発達し易い。他方、本発明法によると、デンドライトの枝が切断され、溶湯中に浮いた状態になる。そのため、凝固潜熱が四方に放散され、結果としてデンドライトが塊状に成長し、長径/短径比が1~3となる。このことが却って残湯の共晶Si等の分布を均一にし、組織全体がマクロ的に均一化する。

#### 【0011】(2) 均質化処理

必要に応じて施される熱処理であり、铸塊の組織を均一化し、押出し、引抜き、圧延等の加工性を改善する。均質化処理を施す場合には、450~640℃の温度で铸塊を1~10時間加熱する。450℃未満の温度及び1時間に達しない加熱時間では、均質化処理の効果が小さい。逆に加熱温度及び加熱時間がそれぞれ540℃及び10時間を超えても、効果の向上に大きな期待がでない。

#### 【0012】(3) 熱間鍛造

初晶が塊状化された組織をもつ铸塊は、熱間鍛造によって铸造組織が練り上げられる。すなわち、小さな铸造欠陥を潰し、組織の中に均一に分散させる。そして、更に塊状化された初晶は、全体として均一に変形されるため、铸造時の均一化に加えて更に均一化された鍛造組織が生成する。熱間鍛造は、铸塊を350~540℃の温度範囲に保持して行うことが好ましい。鍛造温度が350℃に満たないと、鍛造中に割れが発生し易い。逆に5

40℃を超える鍛造温度では、バーニングの虞れがある。鍛造時の据込み率は、小さすぎると欠陥が潰れ難く、伸びの向上に悪影響を与えることから、30%以上に設定することが好ましい。

#### 【0013】(4) 熱処理

熱間鍛造されたアルミ鍛造材に、最終製品の要求性能に応じた熱処理が施される。一般的には、熱間鍛造材よりも更に強度及び伸びを向上させるT<sub>1</sub>処理が好ましい。

#### (5) 機械加工

得られた製品素材に対し、寸法精度の向上、取付け用の 10 【表1】

表1: 使用したアルミニウム合金の分析結果

試験 番号	合 金 成 分 及 び 含 有 量 (重量%)										区 分
	Si	Mg	Sr	Fe	Cu	Cr	Mn	Ti	B	Ca	
1	7.0	0.47	0.02	0.10	0.01	—	—	0.03	0.001	0.0012	本発明
2	7.0	0.49	0.018	0.12	0.01	—	—	0.02	0.001	0.0010	比較例
3	0.64	1.01	—	0.16	0.32	0.23	—	0.02	0.001	—	本発明
4	0.64	1.00	—	0.15	0.32	0.23	—	0.02	0.001	—	比較例
5	10.5	0.52	0.02	0.19	2.5	—	0.5	0.02	0.001	0.0023	本発明
6	10.5	0.50	0.02	0.18	2.8	—	0.5	0.02	0.001	0.0021	比較例

【0016】得られたピレットの鍛造組織を表2に示す。表2から明らかなように、本発明に従った試験番号1、3、5のピレットではデンドライトが塊状化されている。本発明に従って得られたデンドライトは、表2から明らかなように通常のDC鍛造品に比較して径が大きいものの、結晶粒自体は小さくなっている。これは、初晶が樹枝状に発達したものではなく、分断された粒が1個づつ成長したことを示すものである。試験番号1のミ

ネジ加工等、要求形状に応じた機械加工が施される。

#### 【0014】

【実施例】表1に示す組成をもつアルミニウム合金から、直径6インチのピレットをDC鍛造した。試験番号1、3、5の合金では、凝固時に強力な電磁攪拌を行い、デンドライトを剪断しながらDC鍛造した。他方、試験番号2、4、6の合金ピレットは、電磁攪拌を伴わない通常のDC鍛造で製造した。

#### 【0015】

晶のデンドライトが塊状に成長しており、塊状の隙間を共晶Siが均一に埋めていることが観察される。すなわち、初晶が塊状化された組織では、组成的にも均質化されていることが判る。これに対し、試験番号2のマイクロ組織では、図1(b)にみられるようにデンドライトが樹枝状に発達しており、デンドライトアームの径は小さいものの、共晶Siの不均一分布が観察される。

#### 【0017】

【表2】

表2: 得られた鋳塊の鍛造組織

試験 番号	デンドライトアーム の平均径 (μm)	デンドライト アームの形状	平均結晶粒度 (μm)	区 分
1	48	塊 状	150	本発明
2	26	樹枝状	1000	比較例
3	60	塊 状	200	本発明
4	25	樹枝状	600	比較例
5	50	塊 状	120	本発明
6	20	樹枝状	800	比較例

【0018】各ピレットから、直径22mm及び長さ120mmの丸棒を鍛造方向と平行に切り出した。400トンプレスを使用し、金型を200℃に予熱して温度450℃及び据込み率50%で直径11mmの丸棒に熱間

鍛造した。得られた鍛造品を表3に示す条件下でT<sub>1</sub>処理した。

#### 【0019】

【表3】

表 3 : 各鍛造品に対する熱処理

試験 番号	溶 体 化 処 理		水 焼 入	( 焼 戻 し )		空 冷	区 分
	温度 (℃)	時間 (時)		温度 (℃)	時間 (時)		
1	530	2	有	150	4	有	本発明
2	"	"	"	"	"	"	比較例
3	"	"	"	180	6	有	本発明
4	"	"	"	"	"	"	比較例
5	505	2	"	170	8	有	本発明
6	"	"	"	"	"	"	比較例

【0020】T<sub>1</sub>処理後の各試料は、表4に示す機械的性質を持っていた。なお、疲労強度は、常温でのS-N曲線から得られる繰返し回数10<sup>7</sup>回での強度を示す。表4から明らかなように、本発明に従った試験番号1、3、5では、強度及び伸びに関しては比較品2、4、6と同程度の値を示しているが、疲労強度が格段に優れていることが判る。疲労強度の向上は、鑄塊段階での均一

性が更に熱間鍛造によって改善されていることに起因するものと推察される。事実、鑄塊状態での疲労強度は、熱間鍛造品の90%であった。このようにして、本発明によるとき、高い疲労強度が要求される各種部品に好適なアルミ材を提供できることが確認された。

【0021】

表 4 : 各 試 料 の 機 械 的 性 質 (T<sub>1</sub>処理後)

試験番号	強度 (MPa)	伸び (%)	疲労強度 (MPa)	区 分
1	284	21.8	125	本発明
(2)	282	22.5	89	比較例
3	360	14.6	127	本発明
(4)	357	14.7	110	比較例
5	380	9.2	165	本発明
(6)	378	9.0	150	比較例

【0022】

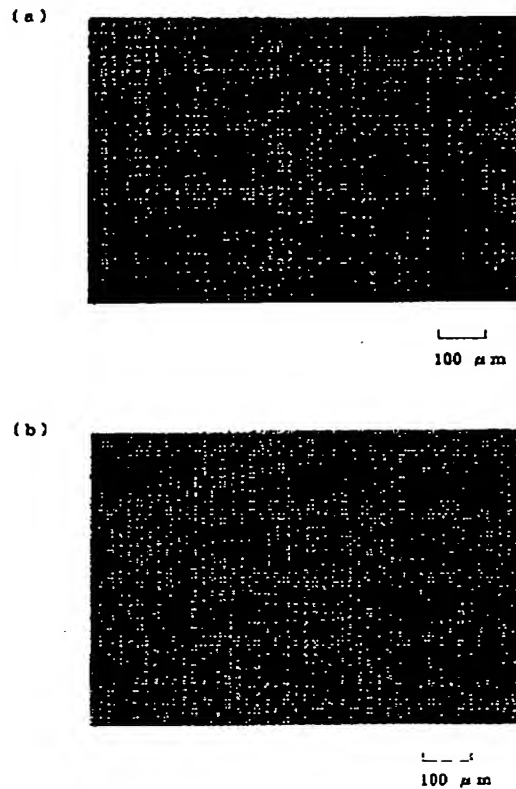
【発明の効果】以上に説明したように、本発明の鍛造製品は、鑄造時の固液共存状態で攪拌処理を施すことにより初晶デンドライトを粉砕して塊状化し、更に熱間鍛造によって組織及び組成の均質化を図っている。このようにして得られた鍛造製品は、同じ組成をもつ材料であっても通常の方法により得られた鍛造品に比較して格段に優れた疲労強度を呈する。その結果、自動車用足廻り部

品、エアコン用スクロール、電気機器等の部品として疲労強度が重視される用途に使用される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に従って初晶を塊状化したもの(a)を従来法によるデンドライトが樹枝状に成長したもの(b)と比較して示す鑄塊の金属組織(倍率は何れも100倍)

【図 1】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 7 年 7 月 2 0 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 初晶デンドライトが分断されて個々の粒として塊状に成長し、粒子間隙に共晶 Si が充填されている組織をもつ疲労強度の高いアルミニウム鍛造品。

【請求項 2】 請求項 1 記載の塊状化された粒子の長軸と短軸との比が 1～3 の範囲にあるアルミニウム鍛造品。

【請求項 3】 Si : 6.5～8.0 重量% 及び Mg : 0.2～0.7 重量% を含み、残部が実質的に Al の組成をもつ請求項 1 又は 2 記載のアルミニウム鍛造品。

【請求項 4】 請求項 3 記載の組成が更に Sr : 0.003～0.04 重量%, Sb : 0.05～0.25 重量%, Na : 0.001～0.01 重量% 及び Ca : 0.002～0.02 重量% から選ばれた 1 種又は 2 種以上を含むアルミニウム鍛造品。

【請求項 5】 請求項 3 又は 4 記載の組成が更に Cu :

0.2～0.6 重量%, Ti : 0.2 重量% 以下及び B : 0.04 重量% 以下の 1 種又は 2 種以上を含むアルミニウム鍛造品。

【請求項 6】 Si : 0.40～0.8 重量%, Mg : 0.8～1.2 重量%, Cu : 0.15～0.40 重量%, Cr : 0.04～0.35 重量% 及び残部：実質的に Al の組成をもつ請求項 1 又は 2 記載のアルミニウム鍛造品。

【請求項 7】 請求項 6 記載の組成が更に Ti : 0.2 重量% 以下及び B : 0.04 重量% 以下の 1 種又は 2 種を含むアルミニウム鍛造品。

【請求項 8】 Si : 10～13.5 重量%, Cu : 0.5～3.5 重量%, Mn : 0.45～0.55 重量%, Mg : 0.4～1.3 重量% 以下及び残部：実質的に Al の組成をもつ請求項 1 又は 2 記載のアルミニウム鍛造品。

【請求項 9】 請求項 8 記載の組成が更に Sr : 0.003～0.04 重量%, Sb : 0.05～0.25 重量%, Na : 0.001～0.01 重量%, Ca : 0.002～0.02 重量%, Ti : 0.2 重量% 以下及び B : 0.04 重量% 以下から選ばれた 1 種又は 2 種以上を含むアルミニウム鍛造品。

【請求項 1 0】 請求項 8 記載の M n の一部又は全部を N i で置換したアルミニウム鍛造品。

【請求項 1 1】 アルミニウム合金溶湯を鋳造する際に凝固界面の電磁攪拌又は機械攪拌により初晶デンドライトを分断し、分断された初晶デンドライトが個々の粒子として塊状に成長した組織をもつ鋳塊を熱間鍛造することを特徴とする疲労強度に優れたアルミニウム鍛造品の

製造方法。

【請求項 1 2】 請求項 1 1 記載の熱間鍛造が 3 5 0 ～ 5 4 0 ℃の温度範囲で行われるアルミニウム鍛造品の製造方法。

【請求項 1 3】 請求項 1 1 又は 1 2 記載の熱間鍛造に続いて T<sub>1</sub> 熱処理を施すアルミニウム鍛造品の製造方法。

-----  
フロントページの続き

(72)発明者 土屋 健二

静岡県庵原郡蒲原町蒲原 1 丁目 3 4 番 1 号

日本軽金属株式会社グループ技術センター内

(72)発明者 柚木 裕嗣

静岡県庵原郡蒲原町蒲原 1 丁目 3 4 番 1 号

日本軽金属株式会社グループ技術センター内